

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11064485 A

(43) Date of publication of application: 05.03.99

(51) Int. Cl

G01S 7/285

G01S 7/02

H01Q 3/24

H01Q 3/26

H01Q 3/42

(21) Application number: 09221372

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(22) Date of filing: 18.08.97

(72) Inventor: NINOMIYA TERUNAO
OKUBO HISAFUMI

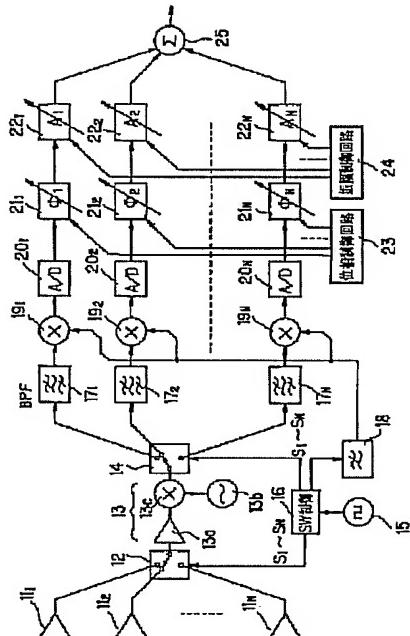
(54) RADAR

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a radar in which only one front end is required for each antenna.

SOLUTION: In a radar of array antenna configuration, each antenna 11₁-11N is provided with a common front end 13. A first switch 12 connects each antenna cyclically with the front end 13 at a predetermined frequency and a second switch connects the front end output cyclically with frequency converters 19₁-19N corresponding to the antennas. Each frequency converter 19₁-19N converts the intermediate frequency signal of the antenna 11₁-11N outputted from the front end 13 into a base band signal at the switching frequency. Phase shifters 21₁-21N and amplitude regulating sections 22₁-22N combine the outputs from the frequency converters 19₁-19N while shifting the phase or regulating the amplitude and search a target from a desired direction.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-64485

(43)公開日 平成11年(1999)3月5日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 S 7/285
7/02
H 0 1 Q 3/24
3/26
3/42

識別記号

F I
G 0 1 S 7/285
7/02
H 0 1 Q 3/24
3/26
3/42

Z
F
Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平9-221372

(22)出願日 平成9年(1997)8月18日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 二宮 照尚

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 大久保 尚史

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 斎藤 千幹

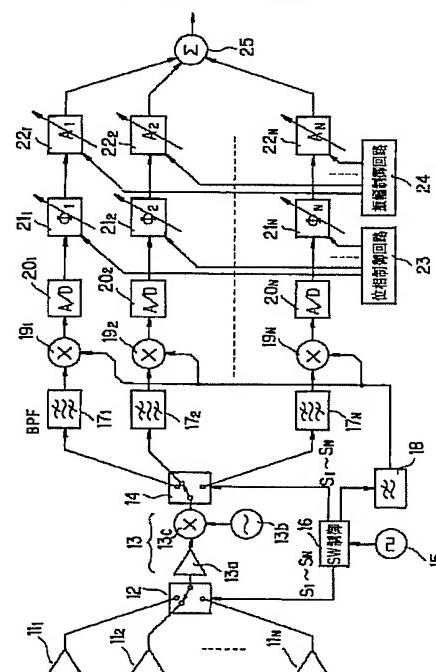
(54)【発明の名称】 レーダ装置

(57)【要約】

【課題】 各アンテナに共通に1つのフロントエンを設けるだけで良いレーダ装置を提供する。

【解決手段】 アレイアンテナ構成のレーダ装置において、各アンテナ 11_1 ～ 11_N 共通にフロントエンド 13 を設ける。第1のスイッチ 12 は各アンテナを所定のスイッチング周波数でフロントエンド 13 に循環的に接続し、第2のスイッチはフロントエンド出力を循環的にアンテナ対応の周波数変換器 19_1 ～ 19_N に入力する。各周波数変換器 19_1 ～ 19_N はフロントエンド 13 から出力する各アンテナ 11_1 ～ 11_N の中間周波信号をスイッチング周波数でベースバンド信号に周波数変換し、移相器 21_1 ～ 21_N 及び振幅調整部 22_1 ～ 22_N は周波数変換器 19_1 ～ 19_N の出力に位相シフトあるいは振幅調整を施して合成し、所望の方向からの目標物を探知する。

第1実施例のレーダ装置の構成



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のアンテナと、各アンテナに対応して設けられ、入力信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路、位相あるいは振幅調整された各信号を合成する合成回路を備えたアーランテナ構成のレーダ装置において、

各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、

所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに循環的に接続する第1のスイッチ、

各アンテナに対応して設けられ、前記フロントエンドから出力する中間周波信号を前記スイッチング周波数で別の中間周波信号またはベースバンド信号に周波数変換する周波数変換器、

前記第1のスイッチに同期してスイッチングし、第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、該フロントエンド出力を第*i*アンテナ対応の前記周波数変換器に接続する第2のスイッチ、

第2のスイッチと各周波数変換器間に設けられた中間周波フィルタを備え、

各周波数変換器出力に位相調整あるいは振幅調整を施して合成することにより所望の方向からの目標物を探知することを特徴とするレーダ装置。

【請求項2】 前記スイッチング周波数と同一周波数の局部発振信号を出力する局部発振器を備え、

該局部発振器と前記各周波数変換器間にそれぞれ局部発振信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路を設け、各調整回路で位相調整あるいは振幅調整された局部発振信号を各周波数変換器に入力し、各周波数変換器より位相あるいは振幅が調整された信号を出力することを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【請求項3】 アンテナをフロントエンドに接続し、かつ、フロントエンド出力を該アンテナに対応する周波数変換器に接続している時間幅を調整することにより周波数変換器出力に振幅調整を施すことを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【請求項4】 前記各アンテナを送受信共用とし、第1のスイッチで選択されたアンテナを送信回路とフロントエンドに交互に接続する第3のスイッチを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【請求項5】 前記一部のアンテナを送受信共用、他のアンテナを受信専用とし、第1のスイッチで各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するのと交互に送信回路を送受信共用アンテナに接続する第3のスイッチを備えたことを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【請求項6】 前記各アンテナを送受信共用とし、各アンテナと第1のスイッチ間にアンテナを第1のスイッチと送信回路に選択的に接続する第3のスイッチを設け、

第1のスイッチ、第3のスイッチで各アンテナをフロントエンドに接続するのと交互に、位相あるいは振幅調整された送信信号を各アンテナに同時に入力して所望のアンテナ放射パターンを形成することを特徴とする請求項1記載のレーダ装置。

【請求項7】 複数のアンテナと、各アンテナに対応して設けられ、入力信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路、位相あるいは振幅調整された各信号を合成する合成回路を備えたアーランテナ構成のレーダ装置において、

各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、

所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するスイッチ、

前記フロントエンドから出力される中間周波信号のみを通過する中間周波フィルタ、

各アンテナに対応して設けられ、前記中間周波フィルタ出力をAD変換するAD変換器、

第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、第*i*アンテナに対応するAD変換器をして中間周波フィルタ出力をサンプリングしてAD変換させるサンプリング制御回路を備え、

各AD変換器の出力信号に位相調整あるいは振幅調整を施して合成することにより所望の方向からの目標物を探知することを特徴とするレーダ装置。

【請求項8】 前記AD変換器の前段にAD変換タイミングを一致させるための遅延回路を備えたことを特徴とする請求項7記載のレーダ装置。

【請求項9】 複数のアンテナと、各アンテナに対応して設けられ、入力信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路、位相あるいは振幅調整された各信号を合成する合成回路を備えたアーランテナ構成のレーダ装置において、

各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、

所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するスイッチ、

前記フロントエンドから出力される中間周波信号をAD変換するAD変換器、

スイッチング周波数に前記複数のアンテナの個数を乗算した周波数でAD変換器をして中間周波フィルタ出力をAD変換させ、第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているときのAD変換出力を第*i*アンテナに応じた信号として記憶する手段を備え、

各アンテナに対応するAD変換器の出力信号に位相調整あるいは振幅調整を施して合成することにより所望の方向からの目標物を探知することを特徴とするレーダ装置。

【請求項10】 2つのアンテナ、2つのアンテナに到

来る反射信号の位相及びまたは振幅を比較する比較部、比較結果に基づいて反射信号の到来方向を推定する到来方向推定部を備えたモノパルス方式のレーダ装置において、各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに交互に接続する第1のスイッチ、各アンテナに対応して設けられ、前記フロントエンドから出力する中間周波信号を前記スイッチング周波数で別の中間周波信号またはベースバンド信号に周波数変換する周波数変換器、前記第1のスイッチに同期してスイッチングし、第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、該フロントエンド出力を第*i*アンテナ対応の前記周波数変換器に接続する第2のスイッチ、第2のスイッチと各周波数変換器間に設けられた中間周波フィルタを備え、各周波数変換器出力信号の位相または振幅を比較して反射信号の到来方向を推定することを特徴とするモノパルス方式のレーダ装置。

【請求項11】前記2つのアンテナを送受信共用とし、第1のスイッチで選択されたアンテナを送信回路とフロントエンドに交互に接続する第3のスイッチを備えたことを特徴とする請求項10記載のレーダ装置。

【請求項12】2つのアンテナ、2つのアンテナに到来する反射信号の位相及びまたは振幅を比較する比較部、比較結果に基づいて反射信号の到来方向を推定する到来方向推定部を備えたモノパルス方式のレーダ装置において、各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、

所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに交互に接続するスイッチ、各アンテナに対応して設けられ、前記フロントエンドから出力される中間周波信号をA/D変換するA/D変換器、第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、第*i*アンテナに対応するA/D変換器をしてサンプリングしてA/D変換させるサンプリング制御回路を備え、各A/D変換器出力信号を前記反射信号としてその位相または振幅を比較して反射信号の到来方向を推定することを特徴とするモノパルス方式のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は複数のアンテナを備え、電子的にアンテナビームを制御する機能を備えたレーダ装置に係わり、特に、各アンテナに共通に1つのフ

ロントエンドを設けるだけで良いレーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のアンテナビームを制御する方法としては、①機械的にアンテナの向きを変える方法、②複数の指向性の異なったアンテナを切り替える方法、または、③多数のアンテナをアレー化し、電気的にそれらのアンテナの放射パターンを合成する方法がある。機械的なビームの制御では、駆動装置が必要となるため装置が大きくなること、アンテナ一体型で送受信機の重量が大きい場合、駆動装置を複雑かつ大型にしなければ所要の精度が出せないこと、高速な掃引ができないこと、などの欠点があるため、電子的なビーム制御手段が選択されることが多い。

【0003】電子的なビーム制御として、前述の様に複数の指向性の異なったアンテナを切り替える方法と、複数のアンテナをアレー化して電気的にそれらのアンテナの放射パターンを合成する方法がある。前者はビームスイッチ方式と呼ばれる。後者は一般に個々のアンテナへの送信信号、または個々のアンテナからの受信信号の位相と振幅を調整したのち合成するアクティブフェイズドアレーインテナが代表的な方式である。ここではこれらのアンテナビーム制御可能な受信装置を備えたレーダ装置について考察する。

【0004】ビームスイッチ方式の受信装置は、①アンテナに直結し、複数のアンテナを切り替え、後段の無線周波数帯受信装置（以下RF受信回路）に接続するスイッチから構成されるか、または、②複数のアンテナとそれぞれのアンテナに直結したRF受信回路とこれらのRF受信回路を切り替え、後段の処理装置へつなぐスイッチから構成される。ビームスイッチ方式では、個々のアンテナにそれぞれ異なる指向性を持たせ、それらを電子的なスイッチで切り替えることによりレーダの探知する方向を制御する。RF受信回路は受信信号の低雜音増幅、周波数変換を行う。特に受信機の雜音特性を考慮した場合に、アンテナとRF受信回路を直結した前述の後者②の構成にする。

【0005】アクティブフェイズドアレー方式の受信装置は図24に示すように、複数のアレーインテナ1a～1nと、それぞれのアンテナに直結したRF受信回路2a～2nを備えたRF受信部2と、各RF受信回路2a～2nからの信号を加算合成する加算器10からなる。それぞれのRF受信回路2a～2nは各アンテナからの受信信号を増幅、周波数変換する機能と、所望のビームパターンに対応した位相シフト、振幅調整を行なう機能を有する。

【0006】RF受信部2において、2a～2nは各アンテナに直結したRF受信回路、7は位相シフト量を決定する位相制御回路、8は振幅調整量を決定する振幅制御回路、9は局部発振器である。RF受信回路2a～2nはそれぞれ、アンテナにより受信したRF信号を低雜

音増幅するRF増幅器3a～3nと、低雑音増幅されたRF信号に所定量 $\phi_1 \sim \phi_N$ の位相シフトを施す移相器4a～4nと、移相器から出力される信号の振幅を調整する振幅調整部5a～5nと、各振幅調整部より出力するRF信号を中間周波信号(IF信号)に周波数変換するミキサ(周波数変換器)6a～6nを備えている。位相制御回路7及び振幅制御回路8は所望のビームパターンに対応した位相シフト、振幅調整を行いうように位相シフト量 $\phi_1 \sim \phi_N$ 、振幅調整値A1～ANを決定して各移相器4a～4n、振幅調整部5a～5nに入力する。局部発振器9は所定の周波数で発振し、局部発振信号を各ミキサに入力する。加算器10は、各ミキサ出力を合成して図示しない処理部に入力する。アクティブフェイズドアレー方式の受信装置では、上記各アンテナ受信信号の位相シフト量、振幅調整量を制御することにより合成放射パターンを制御し、レーダの探知方向を変えることができる。又、位相シフト量、振幅調整量を連続的に変えることにより、連続的な探知方向の制御も可能である。

【0007】以上はアナログ構成の例であるが、デジタル技術を駆使し、デジタル／アナログ両者の特性を兼ね備えたDBFN(Digital Beam Forming Network)という技術もある。DBFNは図25に示すようにアクティブフェイズドアレー方式と類似の構成をとる。アクティブフェイズドアレー方式と異なる点は、(1) 各低雑音増幅器3a～3nの後段に周波数変換器6a～6n及び局部発振器9を配置した点、(2) 各周波数変換器6a～6nの出力信号より中間周波成分を抽出するIFフィルタ101a～101nを設けた点、(3) IFフィルタ出力をデジタルに変換するAD変換器102a～102nを設けた点、(4) 位相シフト制御／振幅制御をDSP等を用いてデジタル処理により実行することである。

【0008】DBFN方式の受信装置において、各アンテナ1a～1nからの受信信号は低雑音増幅器3a～3nで増幅され、ついで、周波数変換器6a～6nで周波数変換される。IFフィルタ101a～101nは各周波数変換器出力より中間周波成分を抽出し、AD変換器102a～102nはIF信号をデジタルデータに変換し、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)はデジタル処理により位相量、振幅調整を実行し、加算器10は各信号をベクトル合成する。以上により、所望のビームパターンが形成され、探知方向が制御される。これは前述のアクティブフェイズドアレー方式とまったく同じ原理である。

【0009】又、図26に示すように、複数の位相シフト／振幅調整手段103a～103mを設け、AD変換器102a～102nから出力されるデジタルデータを各位相シフト／振幅調整手段103a～103mに分岐入力し、位相シフト／振幅調整手段103a～103mでそれぞれの分岐信号について別々の位相シフト、振幅調整を行い、別々に合成して出力するようとする。この

ようにすれば、同時に複数の放射パターンを形成でき、複数の方向からの信号を同時に区別して得ることが可能となる。この図26の構成では、アクティブフェイズドアレー方式とビームスイッチ方式が同時に実現されている。なお、デジタル回路を用いるのは、設計、製造上の容易さによる。

【0010】以上のアクティブフェイズドアレー方式のほかに目標物の方向を検出する方式としてモノパルス方式がある。モノパルス方式はアクティブフェイズドアレー方式と異なり、目標物からの反射電力を2つのアンテナで受信し、2つのアンテナで受信した反射電力の位相あるいは振幅を比較して目標の方向(信号到来方向)を推定、検出する。図27はモノパルス方式のレーダ装置における受信部の構成図であり、110a、110bはアンテナ、111a、111bは低雑音のRF増幅器、112a、112bは局部発振器、113a、113bは周波数変換器、114a、114bはIFフィルタ、115a、115bはIF信号をデジタルに変換するAD変換器、116は2つのアンテナの受信信号の位相を比較する位相比較回路、117は2つのアンテナの受信信号の振幅を比較する振幅比較回路、118は位相差あるいは振幅差に基づいて目標物の方向(信号到来方向)を推定する到来方向推定回路である。

【0011】2つの受信アンテナ110a、110bはほぼ同方向を指向するが、設置位置がわずかに異なる。このため、放射ビームパターンはわずかにずれて重なっている。目標物が2つのアンテナから等距離にあれば、両アンテナ110a、110bに到達する受信信号の位相は等しく、いずれかのアンテナの方に寄っていれば、それぞれのアンテナに到達する受信信号の位相差とアンテナ間隔から信号到来方向(目標物の方向)を推定することができる。モノパルス方式はこの原理に基づいて目標物の方向を推定する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】アンテナ切り替え方式であるビームスイッチ方式では、複数の独立したアンテナを必要とする。これらのビーム幅は比較的狭いものが要求される、また、レーダの用途によっては、ビーム幅、アンテナ利得などの揃ったものが要求されることも多い。このため、面積の比較的大きなアンテナを複数必要とし、ビーム制御のないレーダ装置やアクティブフェイズドアレー方式のレーダ装置に比べてアンテナ占有面積は数倍大型化し、またアンテナ部分の製造コストが大きくなる。また、ビームスイッチ方式では、探知方向の制御は指向性の異なった複数のアンテナを切り替えることにより離散的に行われるため、目標の角度分解能は個々のアンテナのビーム幅とアンテナの枚数により制限される。

【0013】アクティブフェイズドアレー方式及びDBFN方式では、複数のアンテナ放射パターンを合成して

所望の指向性を持った一つの放射パターンを得るために、ビームスイッチ方式のようなアンテナの大型化は必要ない。また、前述のように位相シフト量と振幅調整量を連続的に変化させることにより、連続的な探知方向の制御が可能であり、角度分解能を高めることも可能である。しかし、これらの方では、複数のアンテナに対し個々のRF受信回路が必要であり、装置が大型化／複雑化し、製造コストが高くなる。また、回路固有の振幅、位相特性の製造上のバラツキ、それらのパラメータの温度、周波数特性の製造上のバラツキは、周波数が高くなるほど顕在化する。このため、装置設計上特別な配慮が必要となり、補償手段や調整回路を設けなければならない場合がある。又、複数のビーム合成手段を有するマルチビームDBFN方式(図26)では、装置がより複雑化する問題がある。モノパルス方式でも、各アンテナに対し個々のRF受信回路が必要となり、アクティブフェーズドアレー方式と同様の問題点がある。

【0014】以上から、本発明の目的は、各アンテナに対応してRF受信回路(フロントエンド)を設ける必要がなく、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけで良いレーダ装置を提供することである。本発明の別の目的は、必要部品を削減した構成で各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけでよいレーダ装置を提供することである。本発明の別の目的は、アンテナを送受信で共用する場合であっても、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけでよいレーダ装置を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、複数のアンテナと、各アンテナに対応して設けられ、入力信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路、位相あるいは振幅調整された各信号を合成する合成回路を備えたアレーアンテナ構成のレーダ装置であり、該レーダ装置は、更に、(1)各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を增幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、(2)所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに循環的に接続する第1のスイッチ、(3)各アンテナに対応して設けられ、前記フロントエンドから出力する中間周波信号を前記スイッキング周波数で別の中間周波信号またはベースバンド信号に周波数変換する周波数変換器、(4)前記第1のスイッチに同期してスイッ칭し、第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、該フロントエンド出力を第*i*アンテナ対応の前記周波数変換器に接続する第2のスイッチ、(5)第2のスイッチと各周波数変換器間に設けられた中間周波フィルタを備え、各周波数変換器出力に位相調整あるいは振幅調整を施して合成することにより所望の方向からの目標物を探知する。このようにすれば、アレーアンテナ構成のレーダ装置において、各アンテナに共通に1つのフロントエンド

を設けるだけで良いため、構成を簡単にでき、しかも、従来のように補償手段や調整回路を不要にできる。

【0016】請求項2の発明のレーダ装置は、更に、アンテナをフロントエンドに接続する周波数と同一周波数の局部発振信号を出力する局部発振器を備え、該局部発振器と前記各周波数変換器間にそれぞれ局部発振信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路を設け、各調整回路で位相調整あるいは振幅調整された局部発振信号を各周波数変換器に入力し、各周波数変換器より位相あるいは振幅が調整された信号を出力する。周波数変換器の出力に局部発振信号の位相や振幅も反映される。このため、局部発振信号の位相をシフトし、振幅を調整することにより、中間周波数信号またはベースバンド信号の位相シフト、振幅調整したと同じ効果が期待できる。従って、請求項2の発明によれば、適宜の場所に位相／振幅調整部を配置でき、種々の構成のレーダ装置を提供することができる。

【0017】請求項3の発明のレーダ装置において、振幅調整部は、アンテナをフロントエンドに接続し、かつ、フロントエンド出力を該アンテナに対応する周波数変換器に接続する時間幅(第1、第2のスイッヂオン時間)を調整し、これにより周波数変換器出力に振幅調整を施す。このようにすれば、振幅調整を簡単な構成で行うことができる。請求項4の発明のレーダ装置は、各アンテナを送受信共用とするとき、第1のスイッチで選択されたアンテナを送信回路とフロントエンドに交互に接続する第3のスイッチを備える。このようにすれば、①第1アンテナによる送信／受信→②第2アンテナによる送信／受信→…③第*n*アンテナによる送信／受信→④第1アンテナによる送信／受信→…というように循環的にアンテナを選択し、かつ各アンテナを送受信交互に使用することができる。従って、請求項4の発明によれば、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができる。

【0018】請求項5の発明のレーダ装置は、第1アンテナのみを送受信共用、他のアンテナを受信専用とするとき、第1のスイッチで各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するのと交互に送信回路を送受信共用の第1アンテナに接続する第3のスイッチを備える。このようにすれば、①第1アンテナによる送信／第1アンテナによる受信→②第1アンテナによる送信／第2アンテナによる受信→…③第1アンテナによる送信／第*n*アンテナによる受信→④第1アンテナによる送信／第1アンテナによる受信→…というように、第1アンテナのみを送受信に共用し、他のアンテナを受信専用に使用できる。又、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良い。

【0019】請求項6の発明のレーダ装置は、各アンテナを送受信共用とし、各アンテナと第1のスイッチ間に

アンテナを第1のスイッチと送信回路に選択的に接続する第3のスイッチを備え、第1のスイッチ、第3のスイッチで各アンテナをフロントエンドに循環的に接続して受信するのと交互に、位相調整あるいは振幅調整された送信信号をそれぞれのアンテナに同時に入力して送信時に所望のアンテナ放射パターンを形成する。このようにすれば、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用ことができ、更には、送信時に所望のアンテナ放射パターンを形成することができる。

【0020】請求項7の発明は、複数のアンテナと、各アンテナに対応して設けられ、入力信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路、位相あるいは振幅調整された各信号を合成する合成回路を備えたアレーアンテナ構成のレーダ装置であり、該レーダ装置は、(1) 各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、(2) 所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するスイッチ、(3) 前記フロントエンドから出力される中間周波信号を通過する中間周波フィルタ、(4) 各アンテナに対応して設けられ、前記中間周波フィルタ出力をAD変換するAD変換器、(5) 第iアンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、第iアンテナに対応するAD変換器をして中間周波フィルタ出力をサンプリングしてAD変換させるサンプリング制御回路を備え、各AD変換器の出力信号に位相調整あるいは振幅調整を施して合成することにより所望の方向からの目標物を探知する。このようにすれば、A/D変換器の出力は請求項1の周波数変換器の出力をサンプリングしたものに等しくなり、請求項1の発明に較べて第2スイッチや周波数変換器を省略でき、構成部品を削減することができる。

【0021】請求項8の発明のレーダ装置は、AD変換器の前段にAD変換タイミングを一致させるための遅延回路を備える。遅延回路を設けることにより同一タイミングでサンプリングした受信信号をAD変換して処理できるため、目標物探知の精度を向上できる。

【0022】請求項9の発明のレーダ装置は、複数のアンテナと、各アンテナに対応して設けられ、入力信号の位相あるいは振幅を調整する調整回路、位相あるいは振幅調整された各信号を合成する合成回路を備え、該アレーアンテナ構成のレーダ装置は、(1) 各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、(2) 所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するスイッチ、(3) 前記フロントエンドから出力される中間周波信号をAD変換するAD変換器、(4) スイッチング周波数に前記複数のアンテナの個数を乗算した周波数でAD変換器をして中間周波フィルタ出力をサンプリング/AD変換させ、第iアンテ

ナの受信信号がフロントエンドに入力しているときのAD変換出力を第iアンテナに応じた信号として記憶する手段を備え、各アンテナに対応するAD変換器の出力信号に位相調整あるいは振幅調整を施して合成することにより所望の方向からの目標物を探知する。このようにすれば、各アンテナに共通に1つのAD変換器、1つの位相/振幅調整手段を設けるだけで良いため、ますます、使用部品を削減して構成を簡単にできる。

【0023】請求項10の発明のレーダ装置は、2つのアンテナ、2つのアンテナに到来する反射信号の位相及びまたは振幅を比較する比較部、比較結果に基づいて反射信号の到来方向を推定する到来方向推定部を備えたモノパルス方式のレーダ装置であり、該レーダ装置は、(1) 各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数変換するフロントエンド、(2) 所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに交互に接続する第1のスイッチ、(3) 各アンテナに対応して設けられ、前記フロントエンドから出力する中間周波信号を前記スイッチング周波数で別の中間周波信号またはベースバンド信号に周波数変換する周波数変換器、(4) 前記第1のスイッチに同期してスイッチングし、第iアンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、該フロントエンド出力を第iアンテナ対応の前記周波数変換器に接続する第2のスイッチ、(5) 第2のスイッチと各周波数変換器間に設けられた中間周波フィルタを備え、各周波数変換器出力信号を前記反射信号としてその位相または振幅を比較して反射信号の到来方向を推定する。このようにすれば、モノパルス方式のレーダ装置において、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけで良いため、構成を簡単にでき、しかも、従来のように補償手段や調整回路を不要にできる。

【0024】請求項11の発明のレーダ装置は、2つのアンテナを送受共用とし、第1のスイッチで選択されたアンテナを送信回路とフロントエンドに交互に接続する第3のスイッチを備える。このようにすれば、①第1アンテナによる送信/受信→②第2アンテナによる送信/受信→③第1アンテナによる送信/受信→…というように交互に第1、第2のアンテナを選択し、かつ各アンテナを送受信に共用できる。すなわち、請求項11の発明によれば、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができる。

【0025】請求項12の発明のレーダ装置は、2つのアンテナ、2つのアンテナに到来する反射信号の位相及びまたは振幅を比較する比較部、比較結果に基づいて反射信号の到来方向を推定する到来方向推定部を備えたモノパルス方式のレーダ装置であり、該レーダ装置は更に、(1) 各アンテナ共通に設けられ、順次入力する各アンテナ受信信号を増幅すると共に中間周波信号に周波数

変換するフロントエンド、(2) 所定のスイッチング周波数で各アンテナをフロントエンドに交互に接続するスイッチ、(3) 各アンテナに対応して設けられ、前記フロントエンドから出力される中間周波信号をAD変換するAD変換器、(4) 第*i*アンテナの受信信号がフロントエンドに入力しているとき、第*i*アンテナに対応するAD変換器をしてサンプリングしてAD変換させるサンプリング制御回路を備え、各AD変換器出力信号を前記反射信号としてその位相または振幅を比較して反射信号の到来方向を推定する。このようにすれば、A/D変換器の出力は請求項11の周波数変換器の出力をサンプリングしたものに等しくなり、第2のスイッチや周波数変換器を省略でき構成部品を削減することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

(A) 第1実施例

(a) 構成

図1は第1実施例のレーダ装置の構成図であり、受信系を主に示しており、DBFN方式の受信構成を備えている。図中、11₁～11_Nは目標物からの反射電力を受信する複数のアンテナ、12は第1のスイッチであり、図2に示すようにベースバンド周波数f_bよりはるかに高い周波数f_sで各アンテナを循環的に選択してフロントエンドに接続する。13は各アンテナ共通に設けられたフロントエンドであり、(1) 各アンテナ受信信号を低雑音増幅するRF増幅器13aと、(2) キャリア周波数をf_c、ベースバンド周波数をf_bとするとき、周波数f_{L0}(=f_c-f_b)の局部発振信号を出力する局部発振器13bと、(3) RF増幅器より出力されるRF信号に周波数f_{L0}(=f_c-f_b)の局部発振信号を混合してRF信号を中間周波信号に周波数変換するミキサ(周波数変換器)13cを有している。

【0027】14は第2のスイッチであり、第1のスイッチ12に同期してスイッチングし、第*i*アンテナの受信信号がフロントエンド13に入力しているとき、該フロントエンド出力を第*i*アンテナ対応の周波数変換器に接続するもの、15は周波数N・f_sの信号を出力する発振器、16はスイッチ制御部であり、周波数N・f_sの信号を入力されて図2に示すアンテナ選択信号S₁～S_Nを出力し、第1、第2のスイッチ12、14を制御するものである。17₁～17_Nは各アンテナに対応して設けられ、第2のスイッチ14を介してフロントエンド13から入力する信号より高調波成分、低周波成分を除去し、所望の中間周波成分を通過するIFフィルタ、18は周波数f_sの矩形波を正弦波の局部発振信号に変換して出力するローパスフィルタ、19₁～19_Nは対応するIFフィルタ17₁～17_Nから出力するIF信号に局部発振信号を混合して別の中間周波信号またはベースバンド信号に周波数変換するミキサ(周波数変換器)である。

【0028】20₁～20_Nは各周波数変換器出力をデジタルに変換するAD変換器、21₁～21_Nは入力信号に所定量φ₁～φ_Nの位相シフトを施す移相器、22₁～22_Nは移相器から出力される信号の振幅を調整する振幅調整部、23、24はそれぞれ位相制御回路、振幅制御回路であり、所望のビームパターンに対応した位相シフト、振幅調整を行うように位相シフト量φ₁～φ_N、振幅調整値A₁～A_Nを決定して各移相器21₁～21_N、振幅調整部22₁～22_Nに入力するもの、25は各振幅調整部22₁～22_Nより出力する信号を合成して出力する加算器である。

【0029】(b) 動作

各アンテナ11₁～11_Nで受信された各RF信号は第1スイッチ12により周波数f_sで循環的に選択されてフロントエンド13に入力し、フロントエンドの出力は第1スイッチと同期してスイッチ動作を行う第2スイッチ14に選択され、IFフィルタ17₁～17_Nを介して周波数変換器19₁～19_Nに入力する。すなわち、第2スイッチ14は第1スイッチ12に同期してスイッチ動作を行い、第*i*アンテナ11_iの受信信号がフロントエンド13に入力しているとき、該フロントエンド出力を第*i*アンテナ対応の周波数変換器19_iに接続する。

【0030】アンテナ11₁～11_Nにより受信したRF信号(キャリア信号)を周波数f_sで断続的に選択することは、該周波数f_sでRF信号(キャリア信号)を振幅変調しているのと同等である。従って、f_cをキャリア信号(RF信号)の周波数、f_bをキャリア信号で搬送されるベースバンド信号の周波数、f_{L0}(=f_c-f_b)を局部発振信号の発振周波数、f_sをスイッチング周波数とすると、第1、第2スイッチ12、14のスイッチ動作で図3(a)のスペクトラムで示す周波数成分が発生する。この信号に周波数f_{L0}(=f_c-f_b)の局部発振信号がミキサ13cで混合されると図3(b)に示すスペクトラム分布を有する信号が発生してIFフィルタ17₁～17_Nに入力する。

【0031】各IFフィルタ17₁～17_Nは図2の点線で示す中間周波帯域に含まれるIF信号(中間周波数f_s±f_bの信号)を選択して出力し、周波数変換器19₁～19_NはIFフィルタ17₁～17_Nから入力する信号に、フィルタ18から出力する周波数f_sの局部発振信号を混合し、図3(c)に示すベースバンド信号を復調して出力する。AD変換器20₁～20_Nは各周波数変換器19₁～19_Nで復調されたベースバンド信号をデジタルデータに変換する。位相制御回路23及び振幅制御回路24は、所望のビームパターンに対応した位相シフト、振幅調整を行うように、すなわち、所望の方向からの目標物を探知するように位相シフト量φ₁～φ_N、振幅調整値A₁～A_Nを決定して各移相器21₁～21_N、振幅調整部22₁～22_Nに設定する。

【0032】各移相器21₁～21_N、振幅調整部22₁

～ 22_N はAD変換器 20_1 ～ 20_N より入力したデジタルデータに位相シフト量 ϕ_1 ～ ϕ_N 、振幅調整値 A_1 ～ A_N の位相シフト、振幅調整を施し、加算器 25 は各振幅調整部 22_1 ～ 22_N より出力する信号を合成して後段の処理装置（図示せず）に入力し、処理装置は目標物探知処理を行う。以後、順次、探知方向を変更して上記制御を繰り返すことにより、目標物の方向を探知することができる。以上のように、第1実施例によれば、アレーランテナ構成のレーダ装置において、各アンテナに共通に1つのフロントエンド 13 を設けるだけで良いため、構成を簡単にでき、しかも、従来のように補償手段や調整回路を不要にできる。

【0033】(c) 第1変形例

図4は第1実施例の振幅制御の別の構成例であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。第1実施例では、ベースバンドのデジタルデータに振幅調整値 A_1 ～ A_N を作用させて振幅調整している。しかし、図4の第1変形例では、第1、第2スイッチ 12 、 14 のオン時間を調整して振幅調整する。

【0034】振幅制御回路 $24'$ は図5に示すように各アンテナ 11_1 ～ 11_N への振幅の重み付けが入力されると、該振幅重み付け値をスイッチオン時間 W_1 ～ W_N に変換してスイッチ制御部 $16'$ に入力する。これにより、スイッチ制御部 $16'$ は図6に示すように周波数 f_s でパルス幅 W_1 ～ W_N のアンテナ選択信号 S_1' ～ S_N' を発生する。第1、第2のスイッチ 12 、 14 はアンテナ選択信号 S_1' ～ S_N' に基づいて各アンテナを選択してフロントエンドに入力している時間、フロントエンド出力を周波数変換器に入力している時間を制御する。パルス幅と振幅は等価であるため、パルス幅 W_1 ～ W_N に応じて振幅が調整される。すなわち、振幅制御回路 $24'$ は、各アンテナ 11_1 ～ 11_N をフロントエンド 13 に接続し、かつ、フロントエンド出力を該アンテナに対応する周波数変換器 19_1 ～ 19_N に接続している時間幅 W_1 ～ W_N を振幅調整値 A_1 ～ A_N に応じた値となるように調整する。この変形例によれば、スイッチのオン時間幅を変更するだけで振幅調整ができ構成を簡単にできる。

【0035】(d) 第2変形例

第1実施例の周波数変換器 19_1 ～ 19_N の出力には、局部発振信号の位相や振幅も反映される。換言すれば、局部発振信号の位相シフト、振幅調整により中間周波数信号またはベースバンド信号の位相シフト、振幅調整と同じ効果が得られる。そこで、第2変形例では周波数変換器 19_1 ～ 19_N の局部発振信号の位相シフト量、振幅調整値を制御することにより、所望のビームパターンが得られるように、すなわち、所望の方向からの目標物を探知できるようにしている。図7は第2変形例の構成図であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。周波数変換器 19_1 ～ 19_N の局部発振信号はローパスフィルタ 18 の出力信号である。従って、第2変

形例では、ローパスフィルタ 18 の出力側にその出力の位相及び振幅を制御する移相器 21_1 ～ 21_N 、振幅調整部 22_1 ～ 22_N を設けている。なお、ローパスフィルタ 18 はスイッチ制御部 16 より周波数 f_s の矩形波を入力されている。

【0036】位相制御回路 23 、振幅制御回路 24 は所望のビームパターンに対応した位相シフト、振幅調整を行うように位相シフト量 ϕ_1 ～ ϕ_N 、振幅調整値 A_1 ～ A_N を決定して各移相器 21_1 ～ 21_N 、振幅調整部 22_1 ～ 22_N に設定する。各移相器 21_1 ～ 21_N は局部発振信号に所定量 ϕ_1 ～ ϕ_N の位相シフトを施し、振幅調整部 22_1 ～ 22_N は移相器から出力される信号に振幅調整値 A_1 ～ A_N の振幅調整を施す。この結果、周波数変換器 19_1 ～ 19_N の出力に位相シフト量 ϕ_1 ～ ϕ_N 、振幅調整値 A_1 ～ A_N が反映し、所望のビームパターン、すなわち、所望の方向からの目標物を探知できるようになる。

【0037】図8はローパスフィルタ 18 の出力側にその出力振幅を制御する振幅調整部 22_1 ～ 22_N のみを設けた第3変形例であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。図9はローパスフィルタ 18 の出力側にその出力位相を制御する移相器 21_1 ～ 21_N のみを設けた第4変形例であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。

【0038】(B) 第2実施例

(a) 第2実施例の構成

図9は第2実施例のレーダ装置の構成図であり、受信系を主に示しており、第1実施例と同一部分には同一符号を付している。第1実施例（図1）における第2スイッチ 14 とIFフィルタ 17_1 ～ 17_N 周波数変換器 19_1 ～ 19_N を除去し、フロントエンド出力をAD変換器 20_1 ～ 20_N に接続する。又、サンプリング制御回路 31 を設け、第*i*アンテナ 11_i の受信信号がフロントエンド 13 に入力しているとき、第*i*アンテナに対応するAD変換器 20_i のみがフロントエンドの出力をサンプリングしてAD変換するように制御する。

【0039】図11はアンテナ 11_1 ～ 11_N を選択するアンテナ選択信号 S_1 ～ S_N とAD変換器 20_1 ～ 20_N のサンプリング信号AD 1 ～AD N のタイムチャートであり、アンテナ選択信号 S_i （ $i=1$ ～ N ）の立ち上がりに同期してサンプリング信号AD i が立ち上がり、AD変換器 20_i は所定時間フロントエンドの出力信号をサンプリングし、AD変換する。以上のように構成すると、各AD変換器 20_1 ～ 20_N の出力は第1実施例の周波数変換器 19_1 ～ 19_N の出力をサンプリングしてAD変換したものと等しくなる。従って、AD変換器 20_1 ～ 20_N の出力を移相器 21_1 ～ 21_N 、振幅調整部 22_1 ～ 22_N に供給し、所望のアンテナ放射パターンを形成するように各アンテナからの受信信号の位相シフト量、振幅調整量を制御し、これらの信号を加算器 25 で合成すれば所望の方向からの目標物の探知が可能にな

る。

【0040】第2実施例によれば、第1実施例に較べてサンプリング制御回路31は増えるが、第2スイッチ14や周波数変換器201～20Nを省略でき、構成部品を削減することができる。尚、第2実施例において、IFフィルタ171～17Nは1つのIFフィルタで共用することができる。すなわち、フロントエンド13に1つのIFフィルタを接続し、該IFフィルタ出力を各AD変換器201～20Nに接続するように構成できる。

【0041】(b) 第1変形例

図12は第2実施例の第1変形例であり、図10の第2実施例と同一部分には同一符号を付している。第2実施例と異なる点は、フロントエンドを各AD変換器201～20N-1の間に遅延回路321～32N-1を設けた点である。遅延回路321～32N-1を設けることにより、各AD変換器201～20Nのサンプリング及びAD変換タイミングを一致させることができ、目標物の方向探知の精度を向上することができる。

【0042】(c) 第2変形例

図13は第2実施例の第2変形例であり、図10の第2実施例と同一部分には同一符号を付している。図14は第2変形例の動作を説明するためのタイムチャートである。第2変形例において、第2実施例と異なる点は、(1) AD変換器20を各アンテナ共通に1つにした点、(2) スイッチ12のスイッチング周波数N·fsと同一周波数のサンプリングクロックでAD変換器20が出力をサンプリングしてAD変換している点、(3) AD変換器20の各サンプリングクロックにおけるAD変換データをデータ再配列装置41に入力している点、(4) データ再配列装置41が順次入力されるデジタルデータを図14に示すように、第1アンテナ111の第1データ→第2アンテナ112の第1データ→…→第Nアンテナ11Nの第1データ→第1アンテナ111の第2データ→第2アンテナ112の第2データ→…→第Nアンテナ11Nの第2データ→…として、メモリに再配列している点、(5) データ再配列装置41、位相制御回路23、振幅制御回路24をDSP(デジタルシグナルプロセッサ)構成とし、DSP処理により各アンテナ受信信号に位相シフト量 $\phi_1 \sim \phi_N$ の位相シフト、振幅調整値 $A_1 \sim A_N$ の振幅調整をそれぞれ施して合成している点である。

【0043】第2変形例において、所望のアンテナ放射パターンを形成するように各アンテナからの受信信号の位相シフト量 $\phi_1 \sim \phi_N$ 、振幅調整量 $A_1 \sim A_N$ を制御し、これらの信号を合成して出力することにより任意の方向からの目標物の探知が可能になる。

【0044】(C) 第3実施例

(a) 構成

図15は第3実施例のモノパルス方式のレーダ装置であり、特に受信系の構成図である。511～512は目標物

からの反射電力を受信する第1、第2のアンテナ、52は第1のスイッチであり、ベースバンド周波数fbよりはるかに高いスイッチ周波数fsで第1、第2のアンテナを交互に選択してフロントエンドに接続するもの、53は第1、第2アンテナ共通に設けられたフロントエンドであり、(1) 各アンテナ受信信号を低雑音増幅するRF増幅器53aと、(2) キャリア周波数をfc、ベースバンド周波数をfbとするとき、周波数fLo (=fc - fb) の局部発振信号を出力する局部発振器53bと、(3) RF増幅器より出力されるRF信号に周波数fLo (=fc - fb) の局部発振信号を混合してRF信号を中間周波信号に周波数変換するミキサ(周波数変換器)53cを有している。

【0045】54は第2のスイッチであり、第1のスイッチ52に同期してスイッチングし、第1または第2アンテナ511, 512の受信信号がフロントエンド53に入力しているとき、該フロントエンド出力をアンテナ対応の周波数変換器に接続するもの、55は周波数2·fsの信号を出力する発振器、16はスイッチ制御部であり、周波数2·fsの信号を入力されてアンテナ選択信号S1～S2(図2参照、ただしN=2)を出力し、第1、第2のスイッチ52, 54を制御するものである。571～572は各アンテナ511～512に対応して設けられ、第2のスイッチ14を介してフロントエンド53から入力する信号より高調波成分、低周波成分を除去し、所望の中間周波成分を通過するIFフィルタ、58は周波数fsの矩形波を正弦波の局部発振信号に変換して出力するローパスフィルタ、591～592は対応するIFフィルタ171～172から出力するIF信号に局部発振信号(ローパスフィルタ出力)を混合して別の中間周波信号またはベースバンド信号に周波数変換するミキサ(周波数変換器)である。

【0046】601～602は各周波数変換器出力をデジタルに変換するAD変換器、61は2つのアンテナの受信信号の位相を比較する位相比較回路、62は2つのアンテナの受信信号の振幅を比較する振幅比較回路、63は位相差あるいは振幅差に基づいて目標物の方向(信号到来方向)を推定する到来方向推定回路である。尚、位相比較、振幅比較の両方は必ずしも必要でなく、位相比較回路、振幅比較回路の一方の比較回路のみを有する構成でもよい。2つの受信アンテナ511, 512はほぼ同方向を指向するが、設置位置がわずかに異なる。このため、放射ビームパターンはわずかにずれて重なっている。目標物が2つのアンテナから等距離にあれば、両アンテナ511, 512に到達する受信信号の位相は等しく、いずれかのアンテナの方に寄っていれば、それぞれのアンテナに到達する受信信号の位相差とアンテナ間隔から信号到来方向(目標物の方向)を推定することができる。

各アンテナ $5_{11} \sim 5_{12}$ で受信された各RF信号は第1スイッチ 5_2 により周波数 f_s で交互に選択されてフロントエンド 5_3 に入力し、フロントエンドの出力は第1スイッチと同期してスイッチ動作を行う第2スイッチ 5_4 に選択され、IFフィルタ $5_{71} \sim 5_{72}$ を介して周波数変換器 $5_{91} \sim 5_{92}$ に入力する。すなわち、第2スイッチ 5_4 は第1スイッチ 5_2 に同期してスイッチ動作を行い、第1または第2アンテナ $5_{11}, 5_{12}$ の受信信号がフロントエンド 5_3 に入力しているとき、該フロントエンド出力を第1、第2アンテナ $5_{11}, 5_{12}$ 対応の周波数変換器 $5_{91}, 5_{92}$ に接続する。

【0048】アンテナ $5_{11} \sim 5_{12}$ により受信したRF信号（キャリア信号）を周波数 f_s で断続的に選択することは、該周波数 f_s でRF信号（キャリア信号）を振幅変調しているのと同等である。従って、第1、第2スイッチ $5_2, 5_4$ のスイッチ動作で図3(a)のスペクトラムで示す周波数成分が発生する。この信号に周波数 f_{lo} (= $f_c - f_b$)の局部発振信号がミキサ 5_3c で混合されると図3(b)に示すスペクトラム分布を有する信号が発生してIFフィルタ $5_{71} \sim 5_{72}$ に入力する。各IFフィルタ $5_{71} \sim 5_{72}$ は図3の点線で示す中間周波帯域に含まれるIF信号（中間周波数 $f_s \pm f_b$ の信号）を選択して出力し、周波数変換器 $5_{91} \sim 5_{92}$ はIFフィルタ $5_{71} \sim 5_{72}$ から入力する信号に、フィルタ 5_8 から出力する周波数 f_s の局部発振信号を混合し、図3(c)に示すベースバンド信号を復調して出力する。

【0049】AD変換器 $6_{01} \sim 6_{02}$ は各周波数変換器 $5_{91} \sim 5_{92}$ で復調されたベースバンド信号をデジタルデータに変換する。位相比較回路 6_1 はそれぞれのアンテナに到達する受信信号の位相差 ϕ を求めて出力し、又、振幅比較回路 6_2 はそれぞれのアンテナに到達する受信信号の振幅差 A を求めて出力し、到来方向推定回路 6_3 は位相差 ϕ 、振幅差 A 、アンテナ間隔から信号到来方向（目標物の方向）を推定する。以上のように、第3実施例によれば、モノパルス方式のレーダ装置において、各アンテナに共通に1つのフロントエンド 5_3 を設けるだけで良いため、構成を簡単にでき、しかも、従来のように補償手段や調整回路を不要にできる。

【0050】(c) 変形例

図16は第3実施例の変形例である。第3実施例（図15）における第2スイッチ 5_4 と、IFフィルタ $5_{71} \sim 5_{72}$ 並びに周波数変換器 $5_{91} \sim 5_{92}$ を除去し、フロントエンド出力をAD変換器 $6_{01} \sim 6_{02}$ に接続する。又、サンプリング制御回路 6_4 を設け、第*i* (*i*=1, 2) アンテナ 5_{1i} の受信信号がフロントエンド 5_3 に入力しているとき、第*i*アンテナに対応するAD変換器 6_{0i} のみがフロントエンドの出力をサンプリングしてAD変換するように制御する。

【0051】以上のように構成すると、各AD変換器 6

$0_1 \sim 6_{02}$ の出力は第3実施例の周波数変換器 $5_{91} \sim 5_{92}$ の出力をサンプリングしてAD変換したものと等しくなる。従って、AD変換器 $6_{01} \sim 6_{02}$ の出力を位相比較回路 6_1 、振幅比較回路 6_2 に供給し、位相比較回路 6_1 、振幅比較回路 6_2 でそれぞれのアンテナに到達する受信信号の位相差 ϕ 、振幅差 A を求めて出力すれば、到来方向推定回路 6_3 はこれら位相差 ϕ 、振幅差 A 、アンテナ間隔から信号到来方向（目標物の方向）を推定して出力する。この変形例によれば、第3実施例に較べてサンプリング制御回路 6_4 は増えるが、第2スイッチ 5_4 や周波数変換器 $5_{91} \sim 5_{92}$ を省略でき、構成部品を削減することができる。

【0052】(D) 第4実施例

図17はアンテナを送受信共用する場合の第4実施例のレーダ装置の構成図であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。第1実施例はアンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ を受信専用に使用する場合であるが、第4実施例ではアンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ を送受信に共用する。図17において、71は送信回路、72は第1のスイッチ 1_2 で選択されたアンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ を送信回路71とフロントエンド 1_3 に交互に接続する第3のスイッチである。第1スイッチ 1_2 は図18に点線で示すようにアンテナ選択信号 $S_1 \sim S_N$ により循環的にアンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ を選択して第3スイッチ 7_2 に接続する。第3スイッチ 7_2 は第1スイッチ 1_2 で選択されているアンテナを送信回路71とフロントエンド 1_3 に交互に接続し、該アンテナを送信、受信に併用する。

【0053】以上により、①第1アンテナ 1_{11} による送信／受信→②第2アンテナ 1_{12} による送信／受信→…③第Nアンテナ 1_{1N} による送信／受信→④第1アンテナ 1_{11} による送信／受信→…というように循環的にアンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ を選択し、かつ各アンテナを送受信交互に使用することができる。従って、第4実施例によれば、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができる。

【0054】(E) 第5実施例

第4実施例では全アンテナを送受信共用した場合であるが、一部のみ送受信共用し、他は受信専用の場合もある。図19は第1アンテナ 1_{11} のみ送受信共用し、他のアンテナ $1_{12} \sim 1_{1N}$ を受信専用とした第5実施例のレーダ装置の構成図であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。図19において、71は送信回路、73は第3のスイッチである。第3のスイッチ 7_3 は、第1のスイッチ 1_2 でアンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ をフロントエンド 1_3 に循環的に接続するのと交互に送信回路71を第1のアンテナ 1_{11} に接続する。すなわち、図20のタイムチャートに示すように、各アンテナ $1_{11} \sim 1_{1N}$ はスイッチング周波数 f_s のアンテナ選択信号 $S_1 \sim S_N$ に基づいて第1スイッチ 1_2 により循環的

にフロントエンド13に接続されて受信に使用される(受信サイクル)。又、送受信共用のアンテナ11は周波数N・f_sの送信回路選択信号TRに基づいて第3のスイッチ73により送信回路71に接続されて送信に使用される(送信サイクル)。受信と送信が交互に行われるようスイッチ制御部16はアンテナ選択信号S₁～S_N及び送信回路選択信号TRを発生する。

【0055】この結果、①第1アンテナによる送信／第1アンテナによる受信→②第1アンテナによる送信／第2アンテナによる受信→…③第1アンテナによる送信／第Nアンテナによる受信→④第1アンテナによる送信／第1アンテナによる受信→…というように、第1アンテナのみを送受信に共用し、他のアンテナを受信専用に使用できる。又、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけで良い。尚、1本のアンテナのみ送受共用としたが、2本以上のアンテナを送受共用とすることもできる。

【0056】(F) 第6実施例

図21はアンテナを送受信共用する場合の第6実施例のレーダ装置の構成図であり、図1の第1実施例と同一部分には同一符号を付している。第1実施例はアンテナ111～11Nを受信専用に使用する場合であるが、第4実施例ではアンテナ111～11Nを送受信に共用する。図21において、71は送信回路、751～75Nは各アンテナ111～11Nと第1のスイッチ12間に設けられた第3のスイッチであり、アンテナ111～11Nを第1のスイッチ12と送信回路側に選択的に接続するもの、76は各アンテナに入力する送信信号の位相あるいは振幅を調整する位相・振幅調整回路である。第3のスイッチ751～75Nは送信サイクルにおいて、同時に位相・振幅調整回路76を全アンテナ111～11Nに接続し、各アンテナに所定の位相あるいは振幅調整を施された送信信号を入力し、所望のアンテナ放射パターンで電波を放射するようにしている。

【0057】スイッチ制御部16は受信と送信が交互に行われるよう図22のタイムチャートに示すようにアンテナ選択信号S₁～S_N及び送信回路選択信号TRを発生する。すなわち、第1のスイッチ12と第3のスイッチ751～75Nは協同で位相あるいは振幅調整された送信信号を全アンテナ111～11Nに入力し(送信サイクル)、所望のアンテナ放射パターンを形成して放射すると共に、送信と交互に、各アンテナをフロントエンド13に循環的に接続する(受信サイクル)。この結果、①全アンテナによる送信／第1アンテナによる受信→②全アンテナによる送信／第2アンテナによる受信→…③全アンテナによる送信／第Nアンテナによる受信→④全アンテナによる送信／第1アンテナによる受信→…というように、全アンテナによる送信と、各アンテナにより循環的受信が交互に行われる。以上、第6実施例によれば、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを

設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができ、更には、送信時に所望のアンテナ放射パターンを形成することができる。

【0058】(G) 第7実施例

図23はアンテナを送受信共用する場合の第7実施例のモノパルス方式のレーダ装置の構成図であり、図15の第3実施例と同一部分には同一符号を付している。第3実施例は第1、第2アンテナ511～512を受信専用に使用する場合であるが、第7実施例ではこれらアンテナ511～512を送受信に共用する。図23において、81は送信回路、82は第1のスイッチ52で選択されたアンテナ111～112を送信回路81とフロントエンド53に交互に接続する第3のスイッチである。

【0059】第1スイッチ52はアンテナ選択信号S₁～S₂より交互にアンテナ511～512を選択して第3スイッチ82に接続する。第3スイッチ82は第1スイッチで選択されているアンテナを送信回路81とフロントエンド53に交互に接続し、該アンテナを送信、受信に併用する。以上により、①第1アンテナ511による送信／受信→②第2アンテナ512による送信／受信→…③第1アンテナ511による送信／受信→④第2アンテナ512による送信／受信→…というように交互にアンテナ511～512を選択し、かつ各アンテナを送受信交互に使用する。従って、第7実施例によれば、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができる。以上、本発明を実施例により説明したが、本発明は請求の範囲に記載した本発明の主旨に従い種々の変形が可能であり、本発明はこれらを排除するものではない。

【0060】

【発明の効果】以上請求項1の発明によれば、アレイアンテナ構成のレーダ装置において、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけで良いため、構成を簡単にでき、しかも、従来のように補償手段や調整回路を不要にできる。請求項2の発明によれば、位相シフト、振幅調整手段を適宜の位置に配置することができるため、種々の構成のレーダ装置を提供することができる。請求項3の発明によれば、アンテナを選択している時間幅を調整することにより振幅調整を施すため、振幅調整を簡単に行うことができる。

【0061】請求項4の発明によれば、各アンテナを送受信共用とするとき、各アンテナを循環的に選択し、選択されたアンテナを送信回路とフロントエンドに交互に接続するようにしたから、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができる。請求項5の発明によれば、一部のアンテナを送受信共用とし、他のアンテナを受信専用とするととき、各アンテナをフロントエンドに循環的に接続するのと交互に送信回路を送受信共用アンテナに接続するようにしたから、一部アンテナを送受信に共用

し、他のアンテナを受信専用に使用でき、しかも、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良い。

【0062】請求項6の発明によれば、各アンテナを送受信共用とし、各アンテナをフロントエンドに循環的に接続して受信するのと交互に全アンテナによる送信を行い、送信に際して全アンテナに位相あるいは振幅調整された送信信号を同時に入力して送信するようにしたから、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができ、更には、送信時に所望のアンテナ放射パターンを形成することができる。請求項7の発明によれば、アンテナ選択タイミングで各アンテナに対応するAD変換器がアンテナ受信信号をサンプリングしてAD変換するよう構成したから、第2スイッチや周波数変換器を省略でき、構成部品を削減することができる。

【0063】請求項8の発明によれば、AD変換器の前段にAD変換タイミングを一致させるための遅延回路を設けたから、同一タイミングでサンプリングした受信信号をAD変換して処理できるため、目標物探知の精度を向上することができる。請求項9の発明によれば、各アンテナに共通に1つのAD変換器を設け、時分割的にAD変換器を各アンテナの受信信号のサンプリング／AD変換に使用するようにしたから、使用部品を大幅に削減して構成を簡単にすることができる。請求項10の発明によれば、モノパルス方式のレーダ装置において、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけで良いため、構成を簡単にでき、しかも、従来のように補償手段や調整回路を不要にできる。

【0064】請求項11の発明によれば、モノパルス方式のレーダ装置において、各アンテナを送受信共用とするとき、各アンテナを交互に選択し、かつ、選択されたアンテナを送信回路とフロントエンドに交互に接続するようにしたから、各アンテナに共通に1つのフロントエンドを設けるだけ良く、しかも、各アンテナを送受共用することができる。請求項12の発明によれば、モノパルス方式のレーダ装置において、アンテナ選択タイミングで各アンテナに対応するAD変換器がアンテナ受信信号をサンプリングしてAD変換するよう構成したから、第2スイッチや周波数変換器を省略でき、構成部品を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例のレーダ装置の構成図である。

【図2】アンテナ切換のタイムチャートである。

【図3】各部の動作を説明するためのスペクトラム図である。

【図4】第1実施例の振幅制御の構成図（第1変形例）である。

【図5】対応するアンテナへの振幅重み付け説明図である。

【図6】振幅制御のスイッチオン時間説明図である。

【図7】本発明の第2変形例のレーダ装置の構成図である。

【図8】本発明の第3変形例のレーダ装置の構成図である。

【図9】本発明の第4変形例のレーダ装置の構成図である。

【図10】第2実施例のレーダ装置の構成図である。

10 【図11】アンテナ選択信号とAD変換器のサンプリング信号のタイムチャートである。

【図12】第2実施例の第1変形例であるレーダ装置の構成図である。

【図13】第2実施例の第2変形例であるレーダ装置の構成図である。

【図14】第2変形例の動作を説明するためのタイムチャートである。

【図15】第3実施例のモノパルス方式のレーダ装置の構成図である。

【図16】第3実施例の変形例であるレーダ装置の構成図である。

20 【図17】全アンテナを送受信共用する場合の第4実施例のレーダ装置の構成図である。

【図18】第4実施例のアンテナ選択と送受信切換のタイムチャートである。

【図19】1本のアンテナを送受信共用する場合の第5実施例のレーダ装置の構成図である。

【図20】第5実施例のアンテナ選択と送受信切換のタイムチャートである。

30 【図21】全アンテナを送受信共用する場合の第6実施例のレーダ装置の構成図である。

【図22】第6実施例のアンテナ選択と送受信切換のタイムチャートである。

【図23】第7実施例のモノパルス方式のレーダ装置構成図である。

【図24】アクティブアーチアンテナを有するレーダ装置の受信部の構成図である。

【図25】DBFN（ビームスキャン）方式レーダ装置の受信装置の構成図である。

40 【図26】DBFN（マルチビーム）方式レーダ装置の受信装置の構成図である。

【図27】モノパルス方式レーダ装置の受信装置の構成図である。

【符号の説明】

1 1 ～ 1 1 N ・・・ 複数のアンテナ

1 2 ・・ 第1のスイッチ

1 3 ・・ フロントエンド

1 3 a ・・ R F 増幅器

1 3 b ・・ 局部発振器

1 3 c ・・ ミキサ（周波数変換器）

50 1 4 ・・ 第2のスイッチ

- 1 5 . . 発振器
 1 6 . . スイッチ制御部
 1 7₁ ~ 1 7_N . . I F フィルタ
 1 8 . . ローパスフィルタ
 1 9₁ ~ 1 9_N . . ミキサ (周波数変換器)
 2 0₁ ~ 2 0_N . . A D 変換器

- 2 1₁ ~ 2 1_N . . 移相器
 2 2₁ ~ 2 2_N . . 振幅調整部
 2 3 . . 位相制御回路
 2 4 . . 振幅制御回路
 2 5 . . 加算器

【図1】

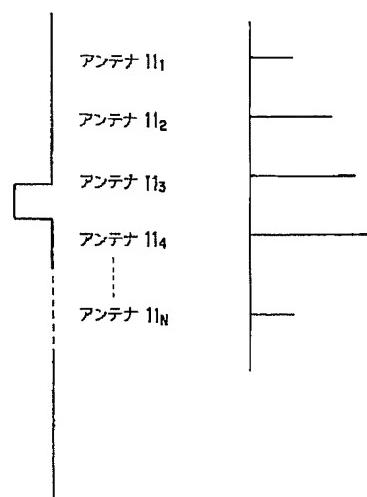
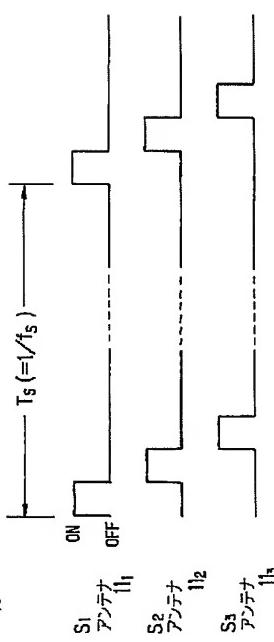
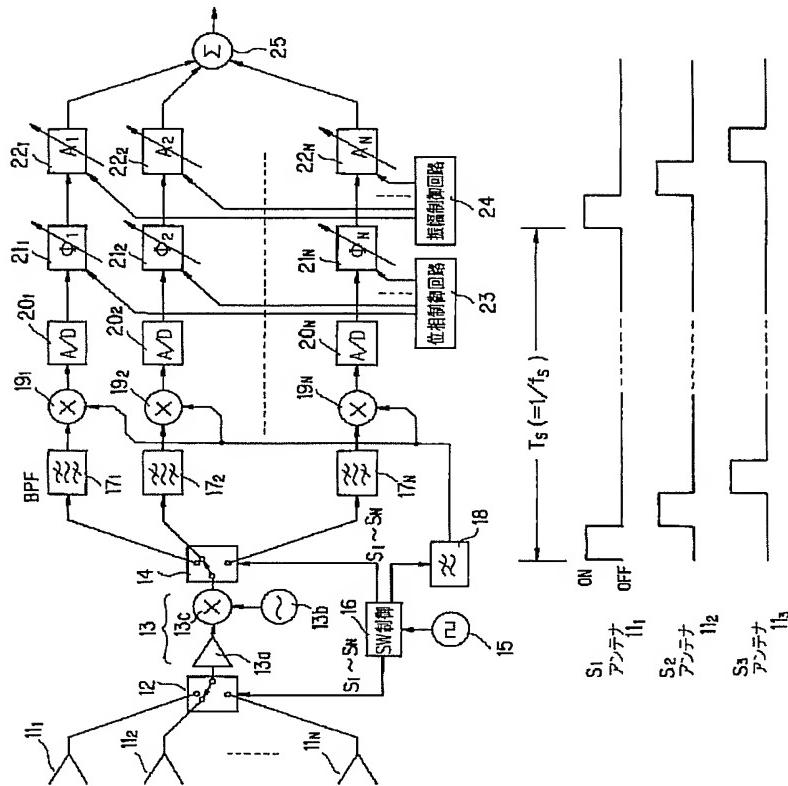
第1実施例のレーダ装置の構成

【図2】

アンテナ切換のタイムチャート

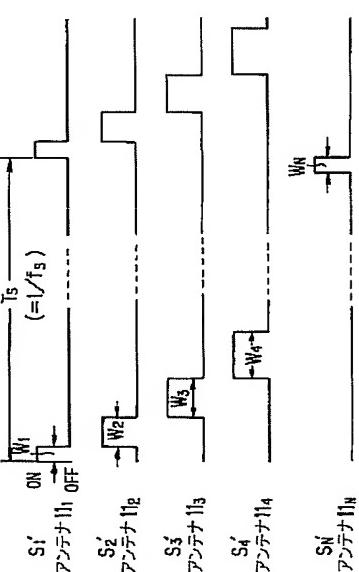
【図5】

対応するアンテナへの振幅重み付け



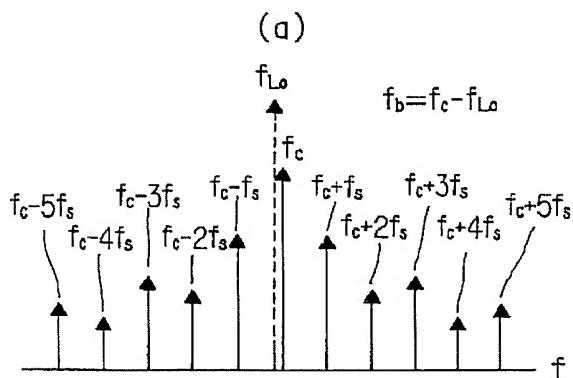
【図6】

振幅制御のスイッチオン時間説明図



【図3】

各部の動作を説明するためのスペクトラム

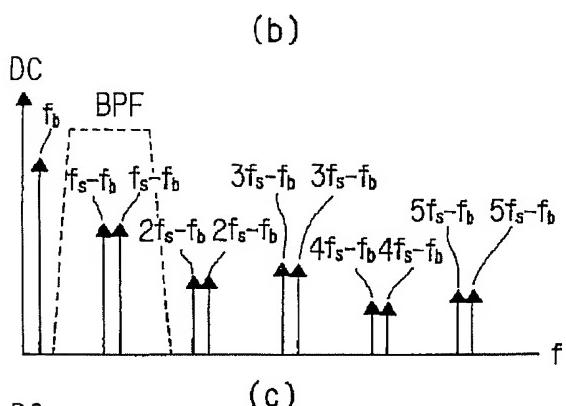


f_c : RF周波数

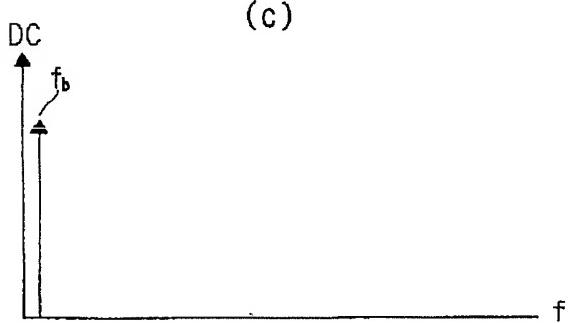
f_{L_0} : RF局部発振器周波数

f_b : ベースバンド周波数

$f_s = 1/T_s$: スイッチング周波数

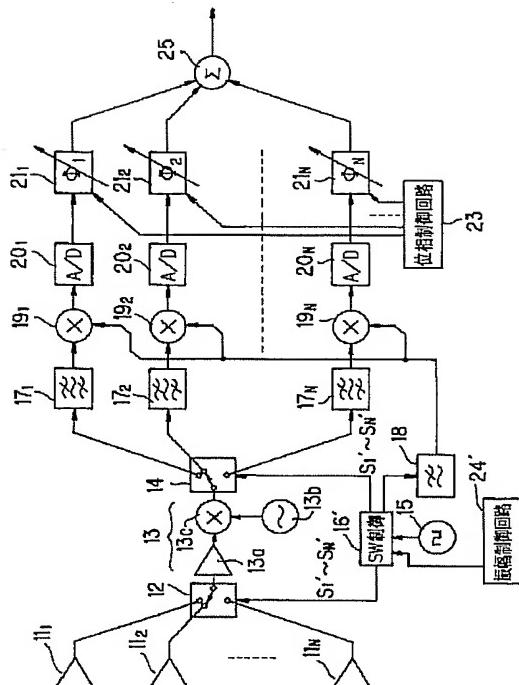


(c)



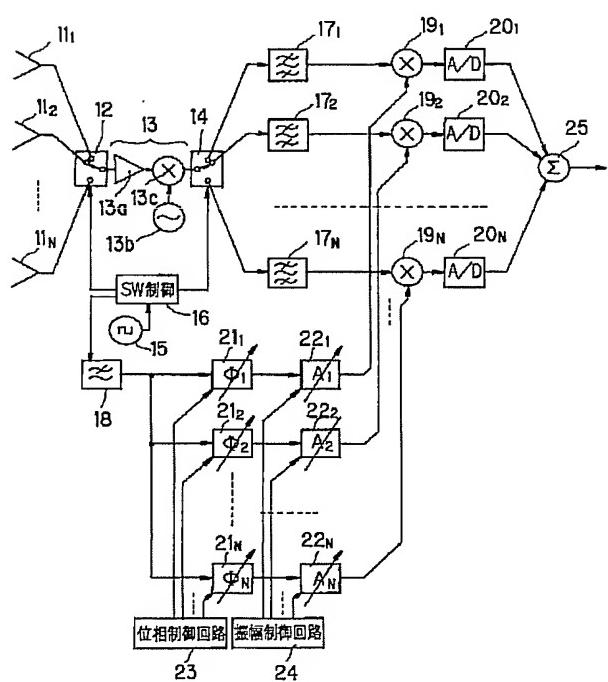
【図4】

第1 実施例の振幅制御の構成 (第1 変形例)



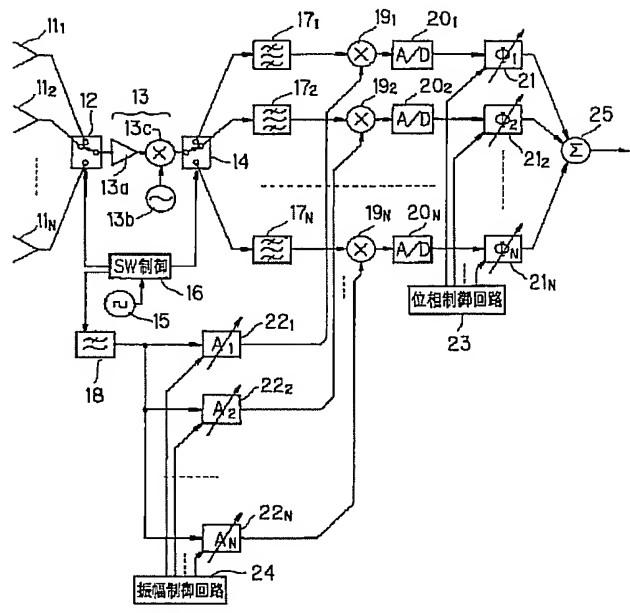
【圖 7】

本発明の第2変形例のレーダ装置の構成



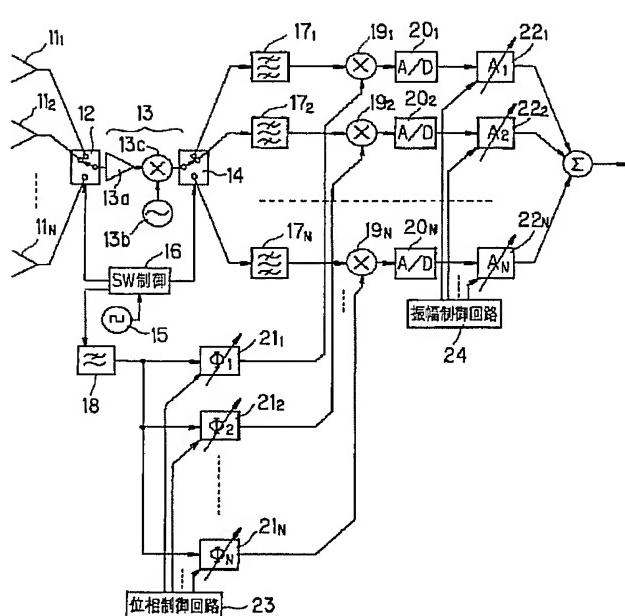
【図8】

本発明の第3変形例のレーダ装置の構成



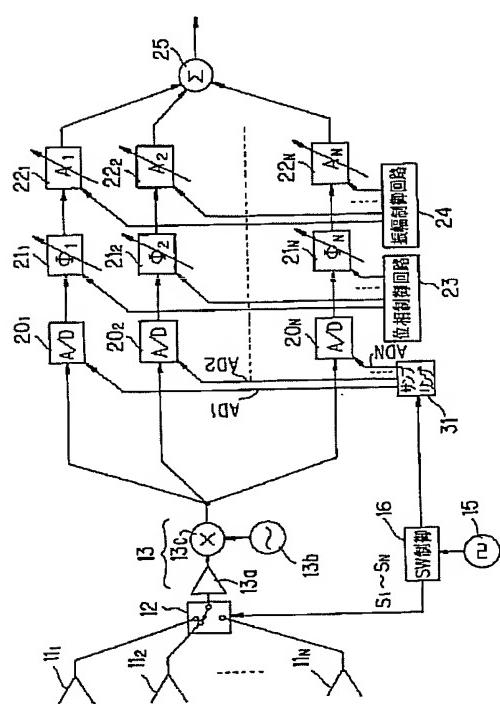
【図9】

本発明の第4変形例のレーダ装置の構成



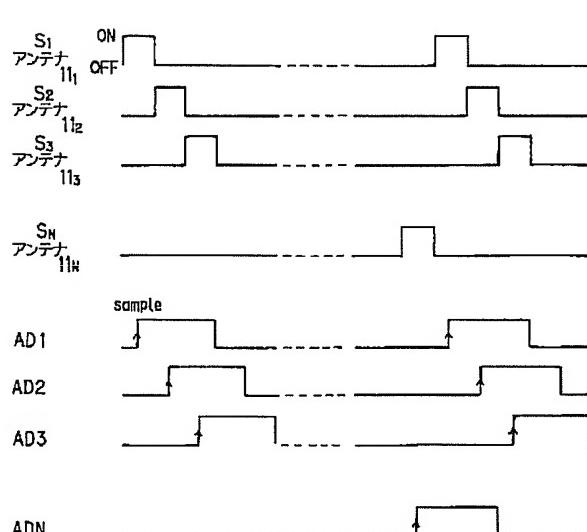
【図10】

第2実施例のレーダ装置の構成



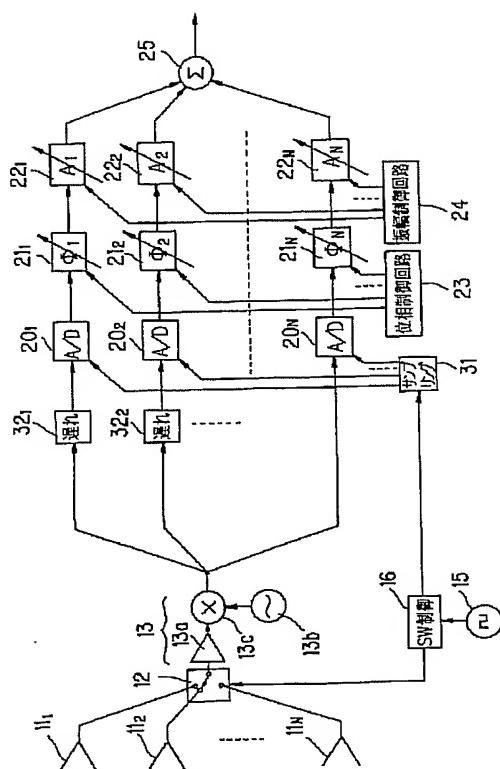
【図11】

アンテナ選択信号とAD変換器のサンプリング信号のタイムチャート



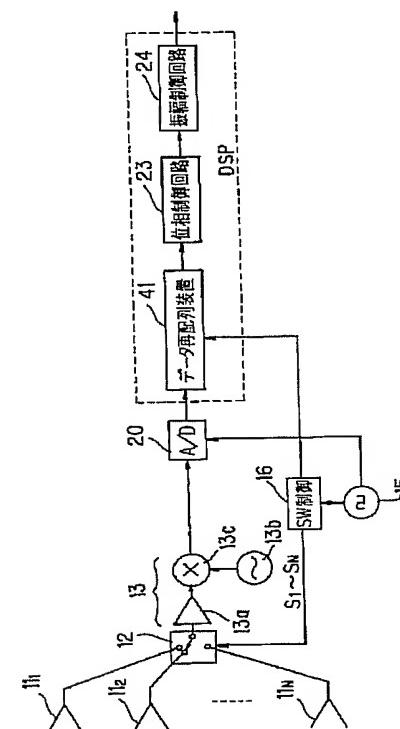
【図12】

第2実施例の変形例であるレーダ装置



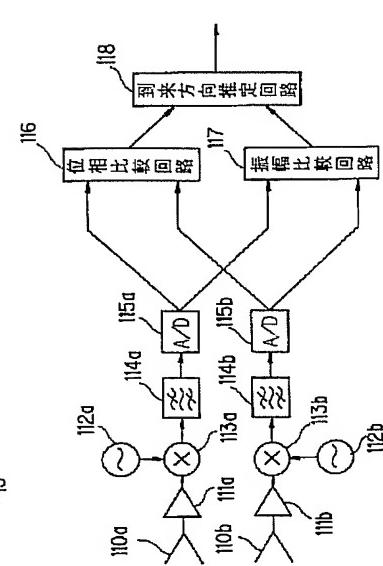
【図13】

第2実施例の第2変形例のレーダ装置の構成



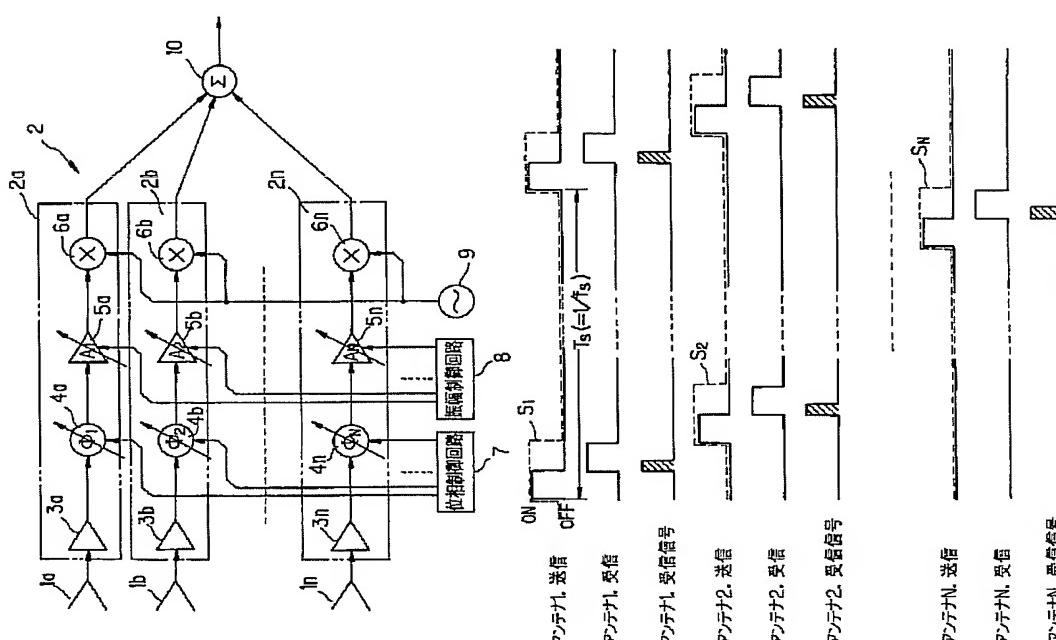
【図27】

モノパルス方式レーダ装置の受信装置



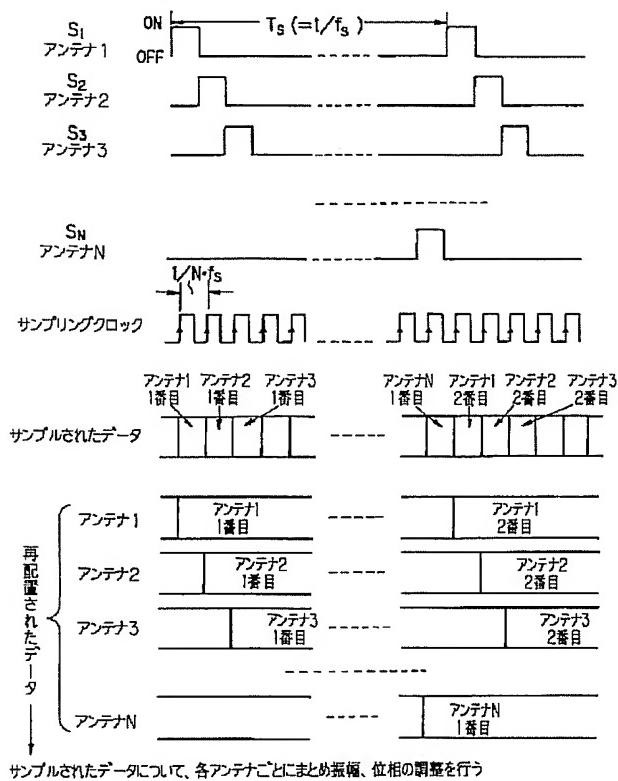
【図24】

アクティブアーレーアンテナを有するレーダ装置の受信装置の構成



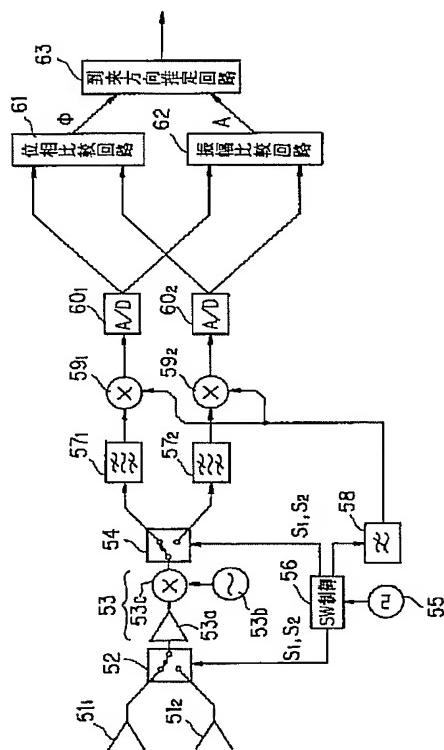
【図14】

第2変形例の動作を説明するためのタイムチャート



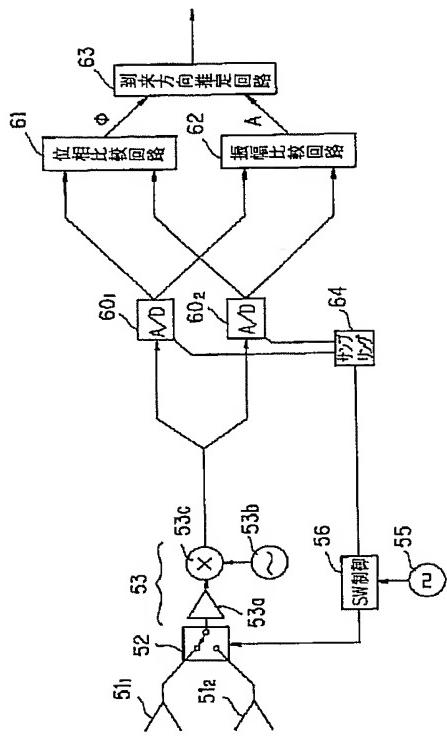
【図15】

第3実施例のモノパルス方式のレーダ装置



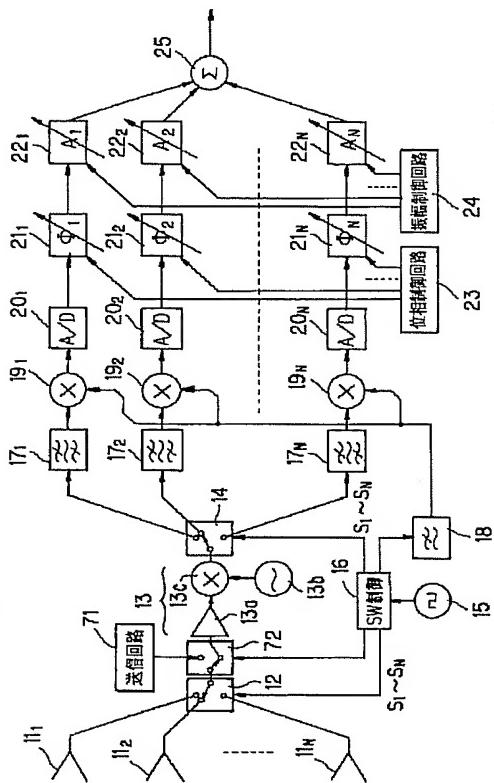
【図16】

第3実施例の変形例



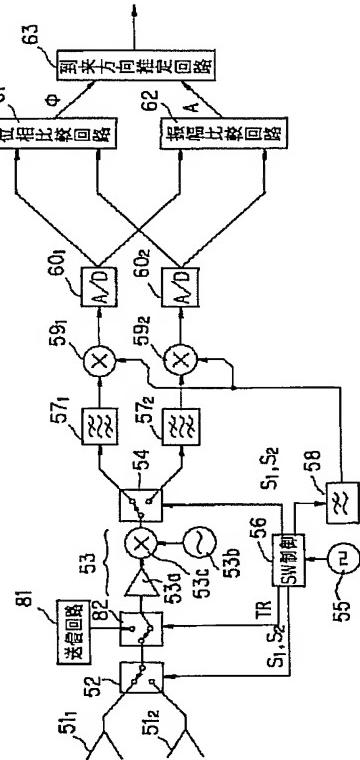
【図17】

全アンテナを送受信共用する場合の第4実施例のレーダ装置



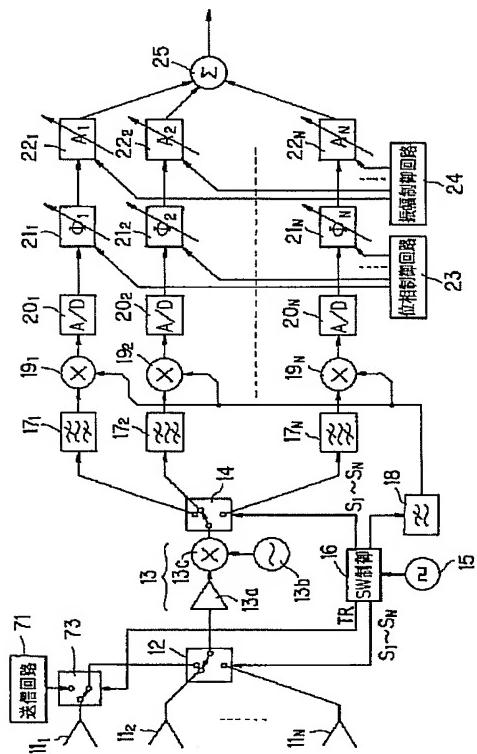
【図23】

第7実施例のモノパルス方式のレーダ装置



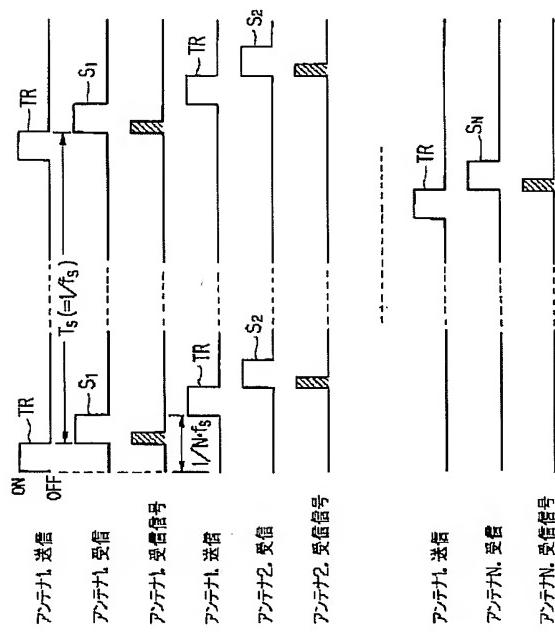
【図19】

1本のアンテナを送受信共用する場合の第5実施例のレーダ装置



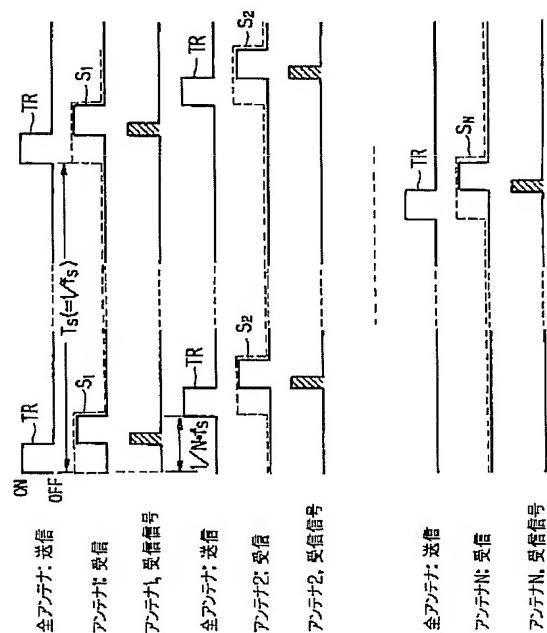
【図20】

第5実施例のアンテナ選択と送受信切換のタイムチャート

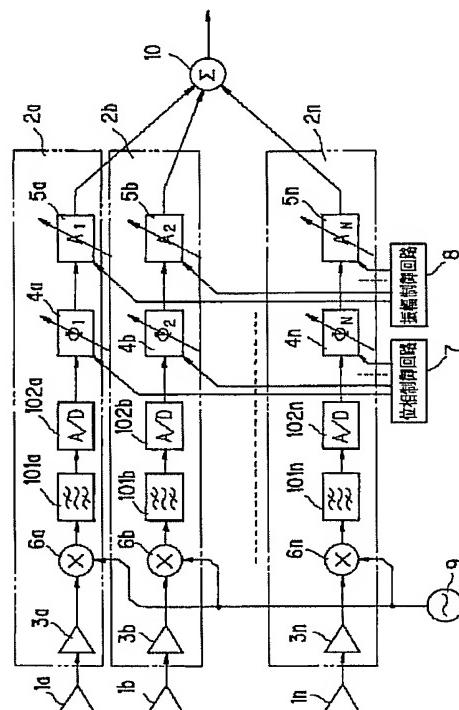


【図22】

第6実施例のアンテナ切換、送受信切換のタイムチャート

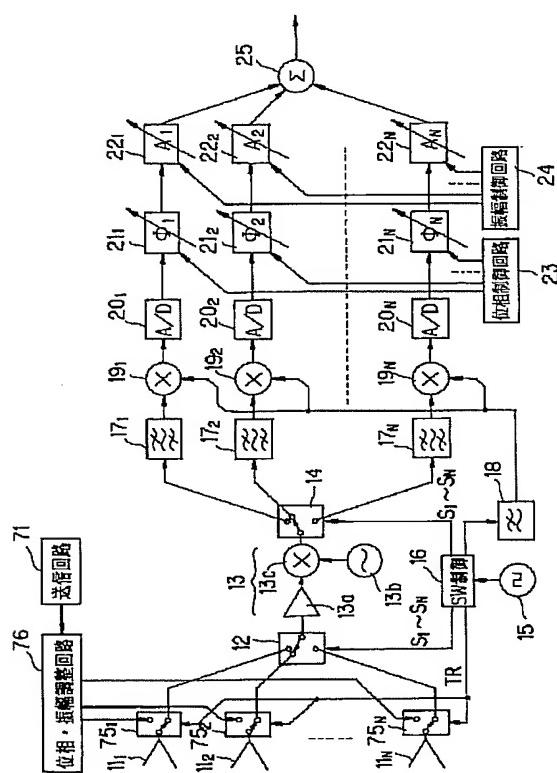


DBFN(ビームスキャン)方式レーダ装置の受信装置



【図21】

全アンテナを送受信共用する場合の第6実施例のレーダ装置



【図26】

DBFN(マルチビーム)方式レーダ装置の受信装置

